

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 09-005251
 (43)Date of publication of application : 10.01.1997

(51)Int.Cl.

G01N 21/88
 G01N 21/21
 G06T 7/00
 // G01N 21/47

(21)Application number : 07-157921

(71)Applicant : SUMITOMO METAL IND LTD

(22)Date of filing : 23.06.1995

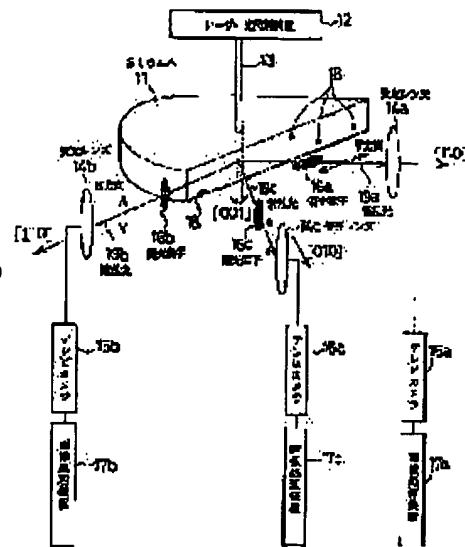
(72)Inventor : SUEOKA KOJI

(54) DEFECT-INSPECTING EQUIPMENT

(57)Abstract:

PURPOSE: To obtain a defect-inspecting equipment which can detect the respective densities of an oxygen deposit, a line defect and a stacking fault separately by one measurement and also has high measuring accuracy.

CONSTITUTION: This equipment is constructed of a laser light emitting device 12, three polarizers 16a, 16b and 16c, three light-receiving lenses 14a, 14b and 14c, three TV cameras 15a, 15b and 15c and three image processing devices 17a, 17b and 17c. The polarizers 16a, 16b and 16c, the light-receiving lenses 14a, 14b and 14c and the TV cameras 15a, 15b and 15c are disposed respectively in three directions corresponding to scattered light (polarized light) caused by an oxygen deposit, a line defect and a stacking fault in an Si wafer 11 being a sample.



(19)日本国特許庁 (JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平9-5251

(43)公開日 平成9年(1997)1月10日

(51)Int.Cl. ⁶	識別記号	序内整理番号	F I	技術表示箇所
G 01 N 21/88			G 01 N 21/88	E
21/21				J
G 06 T 7/00				Z
// G 01 N 21/47			21/47	B
			G 06 F 15/62	400
				審査請求 未請求 請求項の数1 OL (全 6 頁)

(21)出願番号 特願平7-157821

(71)出願人 000002118

(22)出願日 平成7年(1995)6月23日

住友金属工業株式会社

大阪府大阪市中央区北浜4丁目5番33号

(72)発明者 末岡 浩治

大阪府大阪市中央区北浜4丁目5番33号

住友金属工業株式会社内

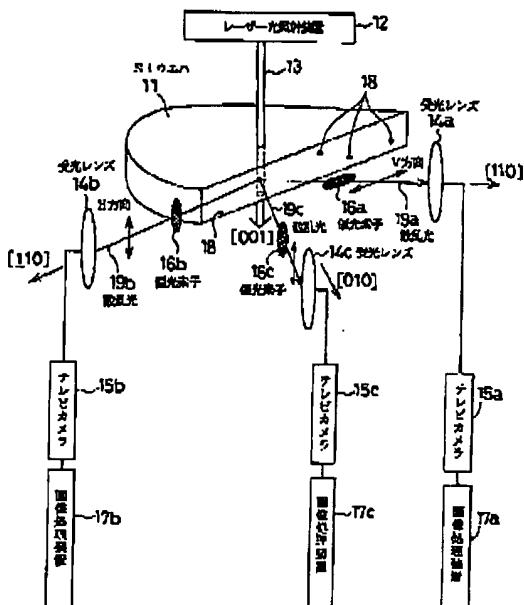
(74)代理人 弁理士 井内 剛二

(54)【発明の名称】 欠陥検査装置

(57)【要約】

【構成】 レーザー光照射装置12、3個の偏光素子16a、16b、16c、3個の受光レンズ14a、14b、14c、3台のテレビカメラ15a、15b、15c、及び3台の画像処理装置17a、17b、17cにより構成され、試料となるSイウエハ1中の酸素析出物、転位、積層欠陥を起因として生じる散乱光(偏光)に対応する3つの方向に、それぞれ偏光素子16a、16b、16c、受光レンズ14a、14b、14c、テレビカメラ15a、15b、15cが配設されている欠陥検査装置。

【効果】 1回の測定で酸素析出物、転位及び積層欠陥の密度をそれぞれ別々に検出することができ、その測定精度も高い欠陥検査装置を提供することができる。



(2)

特開平9-5251

1

【特許請求の範囲】

【請求項1】 光ビームを試料へ照射する光ビーム照射手段、前記光ビームが前記試料中の欠陥に照射されることにより生じる90°散乱光のうち、特定方向の偏光のみを通過させる偏光選択手段、前記偏光選択手段を通過した特定方向の偏光を拡大して受光する受光手段、該受光手段により受光された受光像を撮像する撮像手段、及び該撮像手段からの電気信号を画像処理することにより前記欠陥の密度を測定する画像処理手段を備えた欠陥検査装置において、試料中の酸素析出物、転位、あるいは積層欠陥により生じる散乱光に対応する3つの方向にそれぞれ前記偏光選択手段、前記受光手段、及び前記撮像手段が配設されていることを特徴とする欠陥検査装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】 本発明は欠陥検査装置に限らず、より詳細にはSi等の結晶中に存在する酸素析出物、転位、積層欠陥の密度を検査することができる欠陥検査装置に関する。

【0002】

【従来の技術】 LS1等の半導体素子の基板として使用されているSi結晶は、殆どの場合、ショククラルスキ法(以下、CZ法と記す)と呼ばれる単結晶製造方法により製造されている。そこで、まずCZ法による単結晶製造方法について説明する。

【0003】 図2はCZ法に用いられる単結晶成長装置を模式的に示した断面図であり、図中21は坩堝を示している。

【0004】 この坩堝21は、有底円筒形状の石英製の内層保持容器21aと、この内層保持容器21aの外側に嵌合された同じく有底円筒形状の黒鉛製の外層保持容器21bとから構成されており、坩堝21は図中の矢印方向に所定の速度で回転する支持軸28に支持されている。この坩堝21の外側には抵抗加熱式のヒータ22が、ヒータ22の外側には保温筒27が、それぞれ同心円状に配置されており、坩堝21内にはこのヒータ22により溶融させた結晶用原料の溶融液23が充填されている。また、坩堝21の中心軸上には引き上げ棒あるいはワイヤー等からなる引き上げ軸24が吊設されており、単結晶を製造する際には、この引き上げ軸24の先にシードチャック24aを介して取り付けられた種結晶25を溶融液23の表面に接触させ、支持軸28と同一軸心で同方向または逆方向に所定の速度で回転させながら引き上げ軸24を引き上げる。このような操作により、溶融液23を凝固させて結晶化し、単結晶26を成長させている。

【0005】 このようにして製造されたSi単結晶中には、引き上げを行なう際に石英製の内層保持容器21aより混入した酸素原子が約 1.0×10^{17} atoms/cm³と多量に存在し、そのため格子間に存在する酸素原

2

子は通常過飽和の状態になっている。

【0006】 この過飽和に含まれる酸素原子はSi単結晶中に固溶せず、LS1等の製造を行う際の熱処理過程において酸素析出物(SiO₂)を形成する。

【0007】 この酸素析出物が形成される際、前記熱処理の条件により種々の形態をとる。すなわち、熱処理の温度が650~850°C程度であると、転位、積層欠陥を伴わずに酸素析出物のみが析出し、熱処理温度が850~1000°C程度であると、転位を伴った酸素析出物が形成され、熱処理温度が1000~1150°C程度であると、積層欠陥を伴った酸素析出物が形成される。

【0008】 このような過飽和の酸素により発生するSi単結晶中の欠陥は、ウエハ表面から深いところ、すなわちデバイスの活性領域よりも深いところに存在する場合には、ウエハ中に発生した転位を固着し、ウエハの強度を増大させるとともに、ウエハの熱処理過程において酸素析出物を成長させてその周りに歪を発生させ、デバイス作製工程でウエハの表面領域に侵入する不純物を捕獲し、デバイスの活性領域の汚染を防止するという利点を有する。

【0009】 ところが、この転位や積層欠陥等の欠陥がウエハ表面から数μm以内の、いわゆるデバイス活性領域に発生した場合には、リーク電流を増大させる原因となり、デバイス特性を劣化させるという問題が生じる。特に、ウエハを熱酸化する場合、熱酸化中にウエハ表面より成長する酸化膜から放出される格子間Si原子の凝集によって成長する積層欠陥(酸化誘起積層欠陥(OSF))がウエハ表面に発生し、問題となる。

【0010】 従って、酸素析出物が転位や積層欠陥を伴っているか否か判別すること、及びこれらの密度がどの程度であるかを測定することは、高性能半導体装置に使用するウエハを作製する場合、非常に重要な問題であり、そのため種々の方法が提案されている。

【0011】 Siウエハ中の酸素析出物、転位及び積層欠陥の密度を検出するための一つの方法として、透過型電子顕微鏡を用いて前記欠陥を測定する方法がある。

【0012】 しかし、前記方法では観察する視野が狭く浅い(深さ:約0.3μm、縦及び横:約100μm)ため、測定結果にばらつきが生じ易く、十分に信頼性を40における測定方法ではなかった。

【0013】 そこで、近年では、レーザー、ビームを使用したレーザートモグラフィ法(又は赤外線トモグラフィ法)といわれる欠陥の測定方法が多く使われるようになってきている。

【0014】 このレーザートモグラフィ法は、試料にレーザー光を照射し、欠陥等により発生する90°散乱光を受光して、その陰影から欠陥の密度を測定する方法である。

【0015】 図3は、このレーザートモグラフィ法による欠陥の検出装置を模式的に示した概念図であり、12

50

(3)

特開平9-5251

3

はYAGレーザーのレーザー光照射装置である。
 【0016】このレーザー光照射装置12よりビーム径が数μmのレーザー光13(波長: 1.08 μm)をSiウェハ11に照射し、Siウェハ11中に存在する種々の欠陥38により生じる散乱光39を、偏光素子36、37を介して、レーザー光13の照射方向(Siウェハの[001]方向)に対して直角(90°)となる方向に備えた受光レンズ34で受光し、拡大する。偏光素子36はレーザー光13と散乱光39が形成する平面に対して垂直な方向(V方向)に向いた偏光のみを通過させ、偏光素子37は前記方向に平行な方向(H方向)に向いた偏光のみを通過させる。このように偏光素子36、又は偏光素子37を介して、特定方向の偏光のみを通過させた後、この偏光を受光レンズ34で受光、拡大し、赤外線用のテレビカメラ35で撮像する。この撮影された画像の陰影を画像処理装置40で解析することにより欠陥38の密度を測定するものである。

【0017】このとき、レーザー光13の照射方向とレ*

4

*ンズ34の位置関係は保ったまま、Siウェハ11を回転することにより散乱光39の受光する方向を変え、V方向の偏光のみを通過させる偏光素子36、又はH方向の偏光のみを通過させる偏光素子37と組み合わせることにより、特定の偏光方向(電界方向)の散乱光39のみを検出することができる。

【0018】下記の表1に示しているように、欠陥が酸素析出物である場合、欠陥が転位である場合、及び欠陥が積層欠陥である場合とで散乱光の偏光方向及び偏光の種類(V、H)は異なるので、前記方法により酸素析出物、転位、及び積層欠陥をそれぞれ別々に検出することができる。なお、通常、結晶の方向を表す場合、座標が負である場合には数字の上にラインを引いて表すが、オンライン出願においては、そのような表現方法をとることはできない。従って、本発明における明細書及び表においては数字の下にラインを引くこととする。

【0019】

【表1】

散乱光		欠陥の種類		
散乱方向	偏光条件	酸素析出物	転位	積層欠陥
[110]	V	○	×	×
[110]	H	×	×	×
[110]	V	×	×	×
[110]	H	×	○	×
[010]	V	×	×	×
[010]	H	×	×	○

注) ○: 検出可能、×: 検出不可能

【0020】前記方法によれば、広域観察が可能(深さ: 約7 μm、縦及び横: 200 μm)なうえ、50 nm以上という非常に微小な欠陥38も検出することができる。かなり正確に前記欠陥の密度の測定を行うことができる。

【0021】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、上記レーザートモグラフィ法により欠陥38(酸素析出物、転位及び積層欠陥)の密度を測定する場合、上記表1に示しているように、最低3方向での測定を行う必要があり、このような測定を行おうとすれば長い測定時間が必要とするという課題があった。

【0022】また、前記3方向での測定を順次行っている最中に、照射するレーザー光の強度が変動することもあり、それに伴って散乱光39の強度も変化するため、測定結果の精度が余り高くないという課題もあった。

【0023】本発明はこのような課題に鑑みなされたものであり、1回の測定で酸素析出物、転位及び積層欠陥の密度をそれぞれ別々に検出することができ、その測定

精度も高い欠陥検査装置を提供することを目的としている。

【0024】

【課題を解決するための手段】上記目的を達成するため本発明に係る欠陥検査装置は、光ビームを試料へ照射する光ビーム照射手段、前記光ビームが前記試料中の欠陥に照射されることにより生じる90°散乱光のうち、特定方向の偏光のみを通過させる偏光選択手段、前記偏光選択手段を通過した特定方向の偏光を拡大して受光する受光手段、該受光手段により受光された受光像を撮像する撮像手段、及び該撮像手段からの電気信号を画像処理することにより前記欠陥の密度を測定する画像処理手段を備えた欠陥検査装置において、試料中の酸素析出物、転位、あるいは積層欠陥により生じる散乱光に対応する3つの方向にそれぞれ前記偏光選択手段、前記受光手段、及び前記撮像手段が配設されていることを特徴としている。

【0025】本発明に係る欠陥検査装置において、光ビーム照射手段としては、例えば従来より使用されている

50

(4)

特開平9-5251

5

光源としてレーザー光を用いた照射装置が挙げられるが、その中でも波長やビーム径等の点から、例えばSi_xGeAsについてYAGレーザー光、Al₂O₃についてArレーザー光というように、試料の組成によって使い分けることが好ましい。

【0026】前記偏光選択手段、前記受光手段、前記撮像手段、及び前記画像処理手段として、従来からレーザートモグラフィに使用されている物や装置を使用することができ、例えば偏光選択手段としては偏光素子を、受光手段としては赤外線検出用のレンズを、撮像手段としては赤外線用のテレビカメラを、画像処理手段としては、イメージプロセッサーを使用することができる。また、前記レンズと前記テレビカメラとは一体化したものであってもよい。

【0027】

【作用】本発明に係る欠陥検査装置の一例を示すと、光ビーム照射手段を用いて試料にレーザー光を照射する方向は、Si結晶の[001]の方向であり、受光手段として用いる3個の受光レンズは、レーザー光の照射方向に直角で、かつ前記試料の周間にそれぞれ15°の角度をなし、Si結晶の[110]、[1-10]、[010]の方向と一致させており、それぞれ酸素析出物、転位、及び積層欠陥により生じる散乱光（偏光）を検出するため用いられる。

【0028】受光レンズと試料との間には、偏光選択手段として偏光素子が配設されており、特定方向の偏光のみを通過させるようになっており、[110]方向ではV方向、[1-10]方向ではH方向、[010]方向ではH方向の偏光のみを通過させるようになっている。

【0029】上記表1にも示したように、上記した方向にレンズを配設することにより酸素析出物、転位、積層欠陥を検出することは、守矢の解析により明らかになっている（Proceeding of International Conference on the Science and Technology of Defect Control in Semiconductors 1989年1~6頁）。

【0030】すなわち、前記解析によれば、①欠陥が酸素析出物である場合で、受光レンズが[110]方向に設置されているときには、散乱光はV方向に偏光し、この偏光を検出することにより酸素析出物の密度を測定することができる。また、②欠陥が転位である場合において、Si単結晶中の完全転位のバーガースペクトルの長さは($\sqrt{2}$)a/2であり、その方向は<110>である。なおここで、aはSiの格子定数であり、($\sqrt{2}$)は2の平方根を表すものとする。 $\sqrt{2}$ について、以下同様に使用することにする。この散乱ベクトルは前記バーガースペクトルに垂直になったときに最大となり、またこの散乱光はH方向に偏光する。レーザー光の照射方向は[001]方向であり、受光レンズは[110]方向に配設されているので、このときの散乱ベクトルの方向は[111]となる。前記バーガースペクトルに等価な

10

20

20

30

30

40

40

50

6

ベクトルは[110]、[110]、[101]、[101]、[011]の6個あり、そのうち[110]、[101]、[011]の3個の転位を前記受光レンズにより検出することができる。従って、Si結晶中の転位の密度は、この測定により得られた結果を2倍することにより求めることができる。

【0031】さらに、③欠陥が積層欠陥である場合において、Si単結晶中の積層欠陥周辺の部分転位のバーガースペクトルは、その長さがa/3($\sqrt{3}$)で、その方向は<111>である。散乱ベクトルは前記バーガースペクトルに垂直になったときに最大となり、またこの散乱光はH方向に偏光する。レーザー光の照射方向は[001]方向であり、受光レンズは[010]方向に配設されているので、このときの散乱ベクトルの方向は[011]となる。前記バーガースペクトルに等価なベクトルは[111]、[111]、[111]、[111]の4個あり、そのうち部分転位のバーガースペクトルが[111]、[111]である積層欠陥を検出することができる。従って、Si結晶中の積層欠陥の密度は、この測定により得られた結果を2倍することにより求めることができる。

【0032】このように本発明に係る欠陥検査装置によれば、試料中の酸素析出物、転位、あるいは積層欠陥により生じる散乱光に対応する3つの方向にそれぞれ前記偏光選択手段、前記受光手段、及び前記撮像手段が配設されているので、1回の測定でSiウェハ中の酸素析出物、転位及び積層欠陥の密度をそれぞれ別々に検出することができ、測定中に照射するレーザー光の強度の変動もなく、その測定精度も高い。

【0033】

【実施例】以下、本発明に係る欠陥検査装置の実施例を図面に基づいて説明する。

【0034】図1は実施例に係る欠陥検査装置を模式的に示した概念図である。

【0035】実施例に係る欠陥検査装置は、光ビーム照射手段として使用されるYAGレーザーのレーザー光照射装置12、特定方向の偏光のみを通過させる偏光選択手段としての3個の偏光素子16a、16b、16c、前記偏光を拡大して受光する受光手段としての3個の受光レンズ14a、14b、14c、該受光手段により受光された受光像を撮像する撮像手段としての3台のテレビカメラ15a、15b、15c、及び該撮像手段からの電気信号を画像処理することにより前記欠陥の密度を測定する画像処理手段としての3台の画像処理装置17a、17b、17cより構成されている。そして、レーザー光13をSiウェハ11を構成するSi単結晶に対して[001]の方向に照射した際、試料となるSiウェハ11中の酸素析出物、転位、積層欠陥を起因として生じる散乱光（偏光）に対応する3つの方向に、それぞれ偏光素子16a、16b、16c、受光レンズ14

(5)

特開平9-5251

7

a、14b、14c、テレビカメラ15a、15b、15cが配設されている。

【0036】具体的には、Siウェハ11(Si単結晶)に対してレンズ14aの方向は[110]方向であり、受光レンズ14bの方向は[110]の方向であり、受光レンズ14cの方向は[010]の方向であり、これらの受光レンズ14a…の方向はお互いに45°の角度をなしている。また、偏光素子16aはV方向、偏光素子16bはH方向、偏光素子16cはH方向の偏光のみを通過させるように構成されており、これによりSiウェハ11中の酸素析出物、転位、積層欠陥を起因として生じる散乱光(偏光)をそれぞれ別々に検出することができる。

【0037】このように構成された欠陥検査装置を使用して、Siウェハ11中の欠陥18の測定を行う際には、まず従来の場合と同様に、レーザー光照射装置12からビーム径が数μmのレーザー光13(波長:1.06μm)を、Siウェハ11に照射する。

【0038】このとき上記したように、そのレーザー光13の照射方向に対して直角(90°)となる方向で、かつそれをお互いに45°の角度をなすように[110]、[110]、及び[010]の方向に受光レンズ14a…が配設されており、また受光レンズ14a…とSiウェハ11との間には、それぞれ偏光素子16a…が配設されている。

【0039】従って、前記したレーザー光13の照射により、酸素析出物、転位、積層欠陥を起因として生じる散乱光(偏光)19a、19b、19cを受光レンズ14a…で受光、拡大することができる。

【0040】次に、これら受光レンズ14a…で受光、拡大された散乱光(偏光)19a…は撮像手段として用いられるテレビカメラ15a…で受光、撮像し、この撮影された画像をそれぞれ画像処理装置17a…で解析することにより、酸素析出物、転位及び積層欠陥の3種類の欠陥18の密度を算出する。

【0041】本実施例においては、3台の画像処理装置17a…をそれぞれのテレビカメラ15a…と接続して画像処理を行っているが、別の実施例においては、1台の画像処理装置が3台のテレビカメラ15a…に接続されている装置であってもよい。この場合、3台のテレビカメラ15a…から送られる信号を順次処理していくことになる。

【0042】次に、この欠陥検査装置を使用して実際にSiウェハ11中の欠陥18の測定を行った。測定に際し、光軸調整、欠陥の焦点合わせ等を行う必要があるが、これらを含めても測定時間は30分である。これに対し、図3に示した従来の欠陥検査装置の場合には、約90分を要した。

【0043】まず、実施例に係る欠陥検査装置による測定結果であるが、同一ウェハ内の同一場所で3回の測定

8

を行ったところ、測定結果は3回とも等しく、析出物密度=5×10³/cm²、転位密度=1×10³/cm²、積層欠陥密度=2×10³/cm²となった。一方、従来の欠陥検査装置においても同様の測定を行ったところ、その測定結果は、析出物密度=8×10³/cm²、3×10³/cm²、5×10³/cm²、転位密度=1.6×10³/cm²、0.6×10³/cm²、1×10³/cm²、積層欠陥密度=3.2×10³/cm²、1.2×10³/cm²、2×10³/cm²と3回とも異なる結果となった。前記した従来の欠陥検査装置による測定結果のばらつきは、測定中に照射するレーザー強度の変動が起因しているものと思われる。

【0044】この結果から明らかのように、実施例に係る欠陥検査装置は、レーザー光照射装置12、3個の偏光素子16a、16b、16c、3個の受光レンズ14a、14b、14c、3台のテレビカメラ15a、15b、15c及び3台の画像処理装置17a、17b、17cより構成され、試料となるSiウェハ11中の酸素析出物、転位、積層欠陥を起因として生じる散乱光(偏光)に対応する3つの方向に、それぞれ偏光素子16a、16b、16c、受光レンズ14a、14b、14c、テレビカメラ15a、15b、15cが配設されているので、1回の測定で欠陥18(酸素析出物、転位及び積層欠陥)の密度をそれぞれ別々に測定することができ、測定中に照射するレーザー光の強度の変動も防止することができる。従って、短時間で3種の欠陥の測定を行うことができ、その測定精度も高い欠陥検査装置を提供することができる。

【0045】

【発明の効果】以上詳述したように本発明に係る欠陥検査装置にあっては、光ビームを試料へ照射する光ビーム照射手段、前記光ビームが前記試料中の欠陥に照射されることにより生じる90°散乱光のうち、特定方向の偏光のみを通過させる偏光選択手段、前記偏光選択手段を通過した特定方向の偏光を拡大して受光する受光手段、該受光手段により受光された受光像を撮像する撮像手段、及び該撮像手段からの電気信号を画像処理することにより前記欠陥の密度を測定する画像処理手段を備えた欠陥検査装置において、試料中の酸素析出物、転位、あるいは積層欠陥により生じる散乱光に対応する3つの方向にそれぞれ前記偏光選択手段、前記受光手段、及び前記撮像手段が配設されているので、1回の測定で酸素析出物、転位及び積層欠陥の密度をそれぞれ別々に検出することができ、測定中に照射するレーザー光の強度の変動も防止することができる。従って、本発明により短時間で3種の欠陥の測定を行うことができ、その測定精度も高い欠陥検査装置を提供することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の実施例に係る欠陥検査装置を模式的に

50

(6)

特開平9-5251

9

10

示した概念図である。

【図2】CZ法に用いられる単結晶成長装置を模式的に示した断面図である。

【図3】従来のレーザー・トモグラフィ法による欠陥検査装置を模式的に示した概念図である。

【符号の説明】

11 Siウェハ

* 12 レーザー光照射装置

14a, 14b, 14 受光レンズ

15a, 15b, 15c テレビカメラ

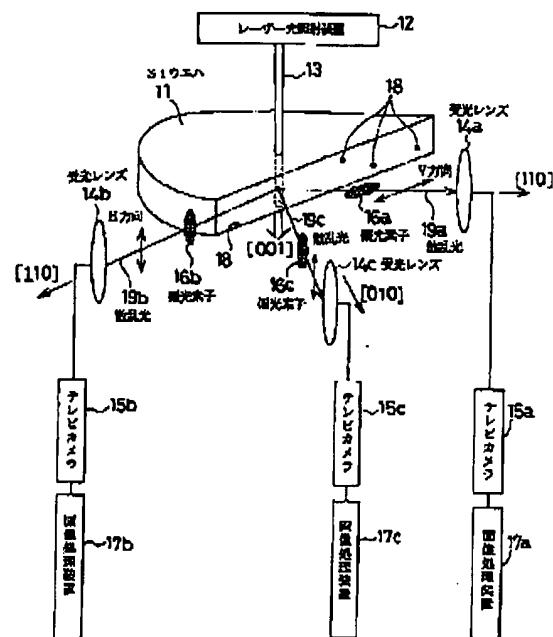
16a, 16b, 16c 偏光素子

17a, 17b, 17c 画像処理装置

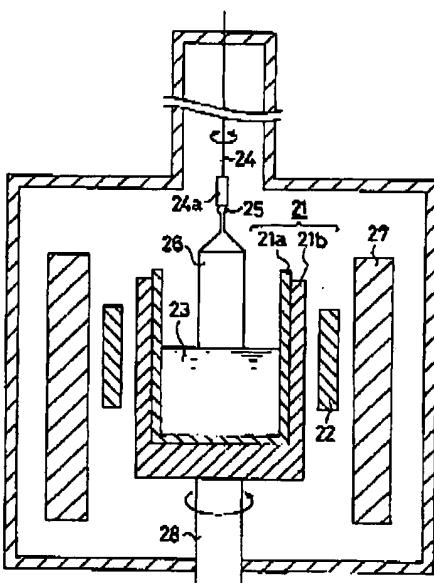
19a, 19b, 19c 散乱光

*

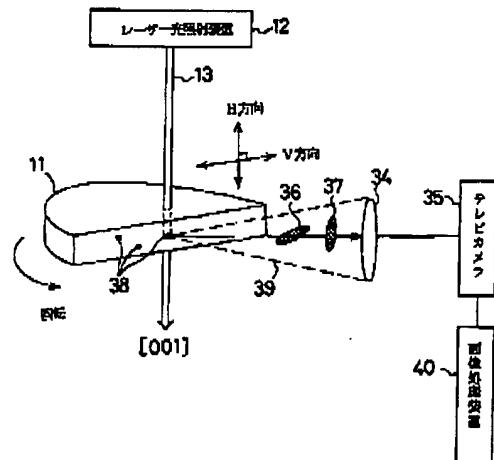
【図1】



【図2】



【図3】



BEST AVAILABLE COPY